SNI

Standar Nasional Indonesia

SNI 04-0200-1987

Transformator daya

ICS 67.080.10

Badan Standardisasi Nasional

Daftar isi

Kata Pengantar

Penerbitan buku standar yang berjudul: "Transformator Daya", ini dimaksudkan untuk dipakai sebagai pedoman bagi para produsen, konsumen, penyalur dan penguji.

Standar ini adalah hasil perumusan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia yang telah mendirikan wadah standardisasi yang bernama Komisi Bidang Listrik pada tahun 1978 dan telah dirumuskan oleh Kelompok Kerja: Transformator Daya, tahun 1979 yang nama-nama anggotanya adalah: Ir. Bambang Prayitno, Ir. Wahjudi Soehendro, Ir. Aswani, Ir. Sambodho Sumani, Ir. Saroso.

Setelah naskah ini dibahas oleh suatu Panitia Teknik yang diberi Surat Keputusan Proyek Sistem Standardisasi Nasioanal dari LIPI, pada tahun 1980, maka diajukan kepada suatu Forum masyarakat teknik terbuka pada tahun 1981 untuk diterima sebagai standar guna dipakai oleh produsen, konsumen, penyalur dan penguji.

Pada tahun 1983 standar ini diserahkan secara tertulis oleh Ketua LIPI bersama 15 standar lainnya kepada Menteri Pertambangan dan Energi dan sesuai dengan Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor: O2JPIM/Pertamben 1983 tentang Standar Listrik Indonesia (SLI) maka pada tanggal 16 Mei 1984 diberlakukan dengan Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor: 0487 113/MPE/1984.

Kepada seluruh masyarakat standardisasi (para produsen, konsumen, penyalur dan penguji) diharapkan saran-saran dan masukan yang berguna sekali bagi proses perbaikan standar yang selalu dilakukan secara berkala guna disesuaikan dengan perkembangan teknologi terakhir.

Jakarta, Pebruari 1985
DIREKTUR JENDERAL LISTRIK
DAN ENERGI BARU

ttd
Prof. Dr. A. Arismunandar
NIP 110008554

Transformator daya

1 Ruang lingkup dan syarat-syarat pemakaian

1.1 Ruang Lingkup

Standar ini diterapkan bagi transformator-transformator tenaga (termasuk auto transformator-transformator), terkecuali transformator-transformator kecil dan khusus tertentu, seperti:

- transformator fasa tunggal berdaya nominal (rated) kurang dari 1 kVA dan transformator fasa banyak berdaya nominal dari 5 kVA.
- transformator pengukuran (transformator for static convertors). transformator penyearah statis (transformers for static convertors).
- transformator penggerak-awal (starting transformers).
- transformator penguji (testing transformers).
- transformator penghela yang dipasang pada alat berjalan (*traction transformers mounted on rolling stock*).
- transformator las (*Welding transformers*). transformator yang digunakan di pantai.
- transformator yang dipakai untuk peralatan-peralatan khusus.

Standar ini dapat diterapkan sebagian atau sepenuhnya bagi transformator-transformator tersebut di atas, bila tidak terdapat sesuatu standar lain untuknya, begitu pula untuk transformator khusus lainnya.

1.2 Syarat-syarat Pemakaian

Standar ini mengandung persyaratan terperinci bagi penggunaan transformator dengan syarat-syarat berikut:

a). Ketinggian

Ketinggian di atas permukaan laut tidak melebihi 1000 meter. Untuk ketinggian yang lebih baca ayat 3.

b). Suhu Zat Pendingin

Untuk alat-alat yang didinginkan dengan air, pada saluran masuk, suhu air pendingin tidak melebihi 25°C. Untuk alat-alat yang didinginkan dengan udara, suhu udara tidak melebihi 40°C atau kurang dari 25°C, kecuali bila khusus disyaratkan oleh pembeli.

Bagi alat-alat pendinginan udara dapat ditambahkan bahwa suhu udara tidak melebihi nilai-nilai berikut:

– rata-rata 30°C sepanjang satu hari

– rata-rata 20°C sepanjang satu tahun

<u>Catatan:</u>

Untuk suhu yang lebih tinggi, baca ayat 3.

c). Bentuk gelombang tegangan suplai. Tegangan suplai harus berbentuk gelombang yang mendekati sinusoida.

d). Simetri Tegangan Suplai Fase Banyak

Untuk transformator-transformator fasa banyak, tegangan suplai harus mendekati simetri.

1.3 Syarat - syarat Tambahan Bagi Pemakaian Khusus

Transforrnator-transformator jenis kering dan jenis direndam minyak dengan pandinginan udara yang direncanakan untuk pemakaian di mana udara pendingin melebihi ayat 2b) dalam tingkat terbatas, diberikan persyaratan tambahan bagi besarnya daya dan cara pengujiannya. Persyaratan tambahan juga diberikan bagi semua jenis transformator-transformator yang direncanakan untuk pemakaian pada ketinggian melebihi 1000 meter di atas permukaan laut (baca ayat 18, 19 dan 22).

Bagi kenaikan suhu dari transformator-transformator dengan pendingin udara, di mana suhu udara pendingin melebihi ayat 2b) lebih dari 10°C atau di mana suhu air pendingin dari transformator-transformator dengan pendingin air melebihi dengan 25°C, tidak diberikan suatu persyaratan khusus. Persyaratan khusus bagi transformator-transformator sedemikian rupa masalah yang harus diselesaikan antara pabrik (pembuat) dan pembeli.

2 Definisi

2.1 Definisi

Untuk kegunaan standar ini diterapkan definisi berikut.

2.2.1 Umum

2.2.1.1 Transformator

Suatu alat statis yang merubah tegangan atau arus bolak-balik antara dua buah kumparan atau lebih, dengan perantaraan imbas magnit listrik, pada frekwensi yang sama, dan biasanya menjadi tegangan atau arus yang berlainan besarnya.

2.2.1.2 Auto-transformator

Suatu transformator di mana sekurang-kurangnya 2 buah kumparan mempunyai bagian yang bersekutu.

2.2.1.3 Transformator Penunjang (Booster)

Suatu transformator di mana satu kumparan digunakan sebagai kumparan seri dengan sesuatu rangkaian untuk merubah tegangannya. Kumparan lainnya merupakan kumparan pembangkit (Energizing Winding).

2.2.1.4 Transformator Janis Direndam Minyak

Suatu transformator yang kumparannya dan intinya direndam dalam sejenis minyak.

Catatan:

Yang dimaksud di dalam standar ini, suatu cairan isolasi sintetis dianggap sebagai sejenis minyak.

2.2.1.5 Transformator Kering

Suatu transformator di mana kumparan dan intinya tidak direndam di dalam cairan isolasi.

2.2.2 Terminal dan Titik Netral

2.2.2.1 Terminal

Suatu bagian penghantar dipergunakan untuk penyambungan suatu kumparan dengan penghantar luar.

2.2.2.2 Terminal Saluran (Line Terminal)

Suatu terminal yang digunakan untuk penyambungan pada suatu saluran dari suatu sistem.

2.3.2.3 Terminal Netral

a). Untuk Transformator Fasa-Banyak
    Terminal yang dihubungkan dengan titik netral dari suatu kumparan hubungan bintang atau hubungan zig-zag.

b). Untuk Transformator Fasa-Tunggal Terminal yang digunakan untuk hubungan pada titik netral dad sister.

2.2.2.4 Titik Netral

a). Titik persekutuan dari kumparan hubungan bintang atau zig-zag pada suatu sistem fasa-banyak.

b). Titik suatu sistem tegangan simetris yang biasanya berpotensial not.

2.2.2.5 Terminal Berpasangan

Terminal dari kumparan-kumparan yang berlainan dari suatu transformator, yang ditandai dengan huruf yang serupa atau isyarat yang berpasangan dalarn tulisan yang berlainan.

2.3 Kumparan

2.3.1 Kumparan

Rakitan belitan-belitan yang membentuk suatu rangkaian listrik yang sesuai dengan saiah satu tegangan dari transformator.

Catatan:

1. "Kumparan" suatu transformator fasa-banyak merupakan kombinasi dari kumparan-fasa (baca ayat 4.3.2).
2. Bagian persekutuan suatu kumparan auto-transformator disebut "kumparan persekutuan"; bagian lainnya disebut "kumparan seri".
3. Kumparan yang diperuntukkan hubungan sari dengan rangkaian dari suatu transformator penunjang booster "kumparan sari" bagian lainnya disebut "kumparan pembangkit" (Energizing Winding).

2.3.2 Kumparan Vasa

Rakitan belitan-belitan yang membentuk satu fasa dari sesuatu fasa-banyak.

Catatan :

Istilah "kumparan fasa" tidak dimaksudkan untuk mendirikan rakitan kumparan pada salah satu kaki transformator.

2.3. 3 Kumparan Tegangan Tinggi *)

Kumparan untuk tegangan kerja yang tertinggi.

•) Kumparan yang mendapat daya nyata dari sumber secara hubungan berurutan boleh disebut sebagai "primer", sedangkan yang memberikan daya kepada rangkaian beban disebut "sekunder".

2.3.4 Kumparan Tegangan Rendah *)

Kumparan untuk tegangan kerja yang terendah.

Catatan:

Bagi suatu transformator penunjang (booster); kumparan yang bertegangan kerja lebih rendah mungkin mempunyai tingkat isolasi lebih tinggi.

2.3.5 Kumparan Tegangan Antara *)

Suatu kumparan dad suatu transformator kumparan banyak yang tegangan kerjanya berada di antara tegangan kerja terendah.

2.3.6 Kumparan Bantu

Suatu kumparan hanya untuk suatu beban yang kecil bila dibandingkan dengan daya nominal dari transformator.

2.3.7 Kumparan Stabilisasi

Suatu kumparan tambahan hubungan segitiga, khusus dilengkapkan pada transformator hubungan bintang-bintang atau bintang-zig-zag untuk mengurangi impedansi urutan nol dari kumparan hubungan bintang (baca ayat 4.7.5).

Catatan:

1). Pengurangan impedansi ini mungkin perlu, misalnya untuk mengurangi besarnya tegangan harmonis ketiga atau untuk menstabilkan tegangan-tegangan terhadap netral.

2). Suatu kumparan dianggap kumparan stabilisasi bila terminalnya tidak dikeluarkan untuk hubungan dengan rangkaian luar. Tetapi, sebuah atau dua buah titik dari kumparan yang diperuntukkan membentuk titik sudut yang sama dari hubungan segi tiga dapat dikeluarkan, misalnya untuk pentanahan. Bagi suatu transformator fasa tiga, bila titik lain dari kumparan dikeluarkan, maka kumparan dapat dipandang sebagai kumparan biasa sebagaimana ditentukan dalam ayat 4.3.3; 4.3.4 atau 4.3.5 di mana hal ini mungkin terjadi.

2.4 Ukuran Nominal (Rating)

2.4.1 Ukuran Nominal (Rating)

Menyatakan standar yang menjadi dasar. Angka-angka yang menyatakan besaran kerja transformator berdasarkan jaminan pabrik(pembuat) maupun atas nama pengujian dilakukan berdasarkan syarat-syarat yang diperinci di dalam standar ini.

Besaran Nominal

Besaran (tegangan, arus dan lain-lainnya) yang angka-angkanya menunjuk ukuran nominal.

Catatan:

1). Besaran nominal berkaitan dengan sadapan utama (baca ayat 4.5.1), kecuali bila dinyatakan lain.

Untuk besaran yang berkaitan dengan sadapan lain baca ayat 4.5 dan bagian IV.

2). Tegangan dan arus selalu dinyatakan dalarn harga efektipnya kecuali bila dinyatakan lain.

2.4.3 Papan Kerja (Rating Plate)

Suatu papan yang dipasang pada suatu transformator, di mana tertera ukuran besaran kerjanya dan ketentuan lain yang perlu.

Catatan:

Ukuran besaran kerja dan ketentuan lain yang harus dicantumkan pada papan ukuran kerja, diperinci di dalam bagian IX.

2.4.4 Tegangan Nominal (Rated Voltage) Suatu Kumparan

Tegangan yang harus diberikan, atau yang harus ditimbulkan pada keadaan tidak berbeban, antara terminal saluran suatu kumparan transformator fasa banyak, atau antara terminal

suatu kumparan transformator fasa tunggal.

Catatan:

1. Tegangan nominal sernua kumparan timbul serentak pada keadaan tidak berbeban, bila tegangan yang diberikan kepada salah satu kumparan mencapai nilai nominal.
2. Untuk transformator-transformator fasa tunggal yang dimaksudkan untuk digabung dalam suatu susunan fasa tiga, tegangan dari kumparan yang akan dihubungkan secara bintang dinyatakan dalam bentuk pecahan, yang pembilangnya merupakan tegangan antara fasa dan penyebutnya adalah V.

   Contoh: $\frac{380}{\sqrt{3}}$ V.

   Hal yang serupa diterapkan pada kumparan sari dari transformator penunjang (booster).

2.4.5 Perbandingan Transformasi Nominal

Hasil bagi tegangan nominal suatu kumparan terhadap tegangan nominal kumparan lainnya yang berhubungan dengan tegangan nominal yang lehih rendah atau sama.

2.4.6 Frekuensi Nominal

Frekuensi yang direncanakan untuk kerja transformator.

2.4.7 Daya Nominal (Rated Power)

Suatu nilai konvensionil dari daya semu (apparent) (dalam kVA atau MVA), yang menjadi dasar perencanaan, jaminan dan,pengujian oleh pembuat, menentukan suatu nilai pasti bagi anus nominal yang mengalir pada tegangan nominal yang diberikan pada kondisi yang dipersyaratkan didalam standar ini.

Catatan:

1. Kedua kumparan dari suatu transformator kumparan ganda mempunyai daya nominal yang sama, yang menurut definisi merupakan daya nominal transformator.
2. Untuk transformator kumparan banyak daya nominal setiap kumparan harus disebutkan. Setengah dari jumlah aljabar nilai daya nominal seluruh kumparan menggambarkan suatu taksiran kasar dari dimensi suatu transformator kumparan banyak, bila dibanding dengan suatu transformator kumparan ganda.
3. Dengan pemberian tegangan nominal konstan pada salah satu kumparan, daya semu yang dapat ditimbulkan oleh (salah satu) kumparan sisi lainnya yang dibebani anus nominal akan menyimpang dari daya kumparan nominal, kumparan ini sebanding dengan turun atau naiknya tegangan (baca ayat 4.7.4).

   Daya semu yang ditimbulkan ini sama dengan basil kali antara tegangan yang sesungguhnya pada beban yang terdapat pada kumparan terakhir, arus nominal (ayat 4.4.8) yang terdapat pada kumparan ini dan faktor -fasa bersangkutan (Daftar I).

2.4.8 Arus Nominal

Adalah arus yang mengalir melalui terminal saluran dari suatu kumparan, diperoleh dengan membagi daya nominal kumparan itu dengan tegangan nominalnya dan faktor fasa bersangkutan (Daftar I).

Catatan:

1. Bila penyambungan secara segitiga atau segi banyak lainnya dilakukan di luar, dengan menghubungkan terminal-terminal kedua kumparan fasa secara berpasangan, arus ini

harus sesuai dengan nilai yang diperoleh untuk pasangan yang terhubung ini.

2. Untuk transformator fasa tunggal yang diperuntukkan dalam susunan fasa tiga arus dalam kumparan yang dimaksudkan untuk hubungan segitiga, dinyatakan dengan pecahan, di mana pembilangnya sesuai dengan arus saluran dan penyebutnya adalah V.

Contoh: $\frac{500}{V3}$ A.

2.5 Sadapan

2.5.1 Adalah sadapan yang berkaitan dengan besaran nominal dari suatu kumparan yang mengandung sadapan-sadapan.

Catatan:

Untuk pemilihan sadapan ini baca ayat 10.

2.5.2 Besaran Sadapan

Adalah besaran yang berkaitan dengan sadapan di luar sadapan utama.

2.5.3 Daya sadapan

Adalah suatu nilai konvensionil dari daya semu pada suatu kumparan, yang menentukan besar anus yang dapat dialirkan melalui terminal saluran dari kumparan ini, apabila kumparan yang bersadap dihubungkan pada sadapan yang dimaksud dengan tegangan yang timbul atau diberikan a:a-_ dengan nilai tegangan pada keadaan tidak berbeban.

Catatan:

Tegangan yang bersangkutan tergantung dari pengelompokan peraturan (ayat 11 dan 14.2).

2.5.4 Tegangan Sadapan

Adalah nilai tegangan yang ditimbulkan pada keadaan tidak berbeban antara terminal saluran suatu kumparan fasa-banyak yang disadap, atau nilai tegangan antara terminal dari suatu kumparan fasa-tunggal yang disadap yang dihubungkan pada sadapan yang sepadan (Corresponding), apabila tegangan (nominal) kerja diberikan pada kumparan lainnya, yang bilamana disadap, dihubungkan pada sadapan utamanya.

2.5.5 Tegangan Langkah (Step)

Adalah selisih antara tegangan sadapan dari dua sadapan yang berdampingan.

Catatan:

Tegangan ini dapat dinyatakan dalam proses dari tegangan nominal.

2.5.6 Sadapan Plus

Adalah suatu sadapan yang ditempatkan pada kumparan yang bersadap sedemikian, sehingga dapat memberikan suatu jumlah belitan efektip yang lebih besar kepada kumparan ini pada jumlah belitan sadapan utamanya.

2.5.7 Sadapan Minus

Adalah suatu sadapan yang ditempatkan pada kumparan yang bersadap sedemikian sehingga dapat memberikan suatu jumlah belitan efektip yang lebih kecil kepada kumparan ini dari pada jumlah belitan pada sadapan' utamanya.

2.5.8 Daerah Sadapan (Taping Range)

Seluruh daerah sadapan dari suatu kumparan yang bersadap meliputi daerah sadapan plus dan daerah sadapan minus, yang merupakan selisih-selisih antara tegangan-tegangan sadapan tertinggi dan terend•dr;+dengan' tegangan nominalnya yang biasanya dinyatakan

sebagai plus dan minus dalam proses terhadap tegangan nominal.

2.5.9 Arus sadapan

Adalah arus maksimum yang boleh melalui terminal saluran dari suatu kumparan yang bersadap yang dihubungkan pada sadapan bersangkutan.

2.5.10 Daerah variasi tegangan

Adalah daerah tegangan-tegangan yang berubah-ubah (tanpa beban), pada terminal saluran suatu kumparan yang bersadap ataupun tidak.

2.6 Rugi-Rugi dan arus tanpa beban

2.6.1 Rugi-Rugi Tanpa Beban

Adalah daya nyata (aktip) yang diserap bilamana diberikan tegangan nominal pada frekwensi nominal kepada terminal-terminal salah satu kumparan lainnya dalam keadaan terbuka.

2.6.2 Arus tanpa beban

arus yang mengalir melalui terminal saluran suatu kumparan, tegangan nominal pada frekwensi nominal, dengan kumparan dalam keadaan terbuka.

Catatan :

1. Seringkali arus tanpa beban dinyatakan sebagai proses terhadap arus nominal kumparan itu. Untuk transformator kumparan banyak persyaratan prosentasi ini didasarkan pada kumparan yang berdaya nominal terbesar.
2. Pada transformator fasa-banyak, arus tanpa beban melalui terminal saluran yang berlainan mungkin tidak sama.
   Dalam hal ini bila besar arus-arus tanpa beban ini tidak diberikan tersendiri, maka besar arus tanpa beban dianggap sebagai harga rata-rata dari arus-arus itu.

2.6.3 Rugi Beban

a) Pada transformator kumparan dua. Adalah daya nyata yang diserap pada frekwensi nominal bilamana mengalir arus nominal melalui terminal saluran dari salah satu kumparan, dengan terminal-terminal kumparan lainnya dihubung singkat.
   Nilainya berkaitan dengan suhu dasar pada Daftar XV.
b) Pada transformator kumparan banyak, berkaitan dengan kombinasi tertentu dari dua kumparan.
   Adalah daya nyata yang diserap pada frekwensi nominal, bilamana melalui terminal saluran salah satu kumparan dari kombinasi kumparan mengalir arus, yang sesuai dengan daya nominal terkecil dari kedua kumparan yang berkombinasi sedangkan terminal kumparan lainnya dari kombinasi tersebut dihubung singkat, dan kumparan-kumparan selebihnya terbuka. Nilai dari macam-macam kombinasi yang berlainan, berkaitan dengan suhu dasar pada Daftar XV.

2.6.4 Rugi total

Adalah jumlah dari rugi tanpa beban dan rugi beban.

Catatan:

1. Untuk transformator kumparan banyak, rugi total berdasarkan pada kombinasi pembebanan tertentu.
2. Rugi-rugi pada pemakaian pelengkap tidak termasuk dalam rugi total. Ini harus

dinyatakan tersendiri.

2.7 Tegangan Hubung Singkat (Impedance Voltage) dan Turun Tegangan

2.7.1 Tegangan Hubung Singkat Pada Arus Nominal

a) Pada Transformator Kumparan Dua

Adalah tegangan yang hares diberikan pada frekwensi nominal pada terminal saluran suatu transformator fasa banyak, ataupun pada terminal saluran suatu transformator fasa-tunggal, untuk mengalirkan u-us nominal melalui terminal ini bila terminal kumparan lainnya dhubung-singkat.

sar tegangan ini berkaitan dengan suhu dasar pada Daftar XV.

Pada transformator kumparan banyak, berkaitan dengan suatu kombinasi tertentu dari dua kumparan.

Adalah tegangan yang harus diberikan pada frekwensi nominal pada terminal, salah satu kumparan dari kombinasi pada transformator fasa banyak ataupun pada terminal kumparan semacam itu pada transformator fasa tunggal, untuk mengaltrkan arus melalui terminal ini yang sesuai dengan daya nominal terkecil dari kedua kumparan yang berkombinasi terminal kumparan lainnya dari kombinasi tersebut dihubung singkat dart kumparan selebihnya terbuka. Niiat tegangan dart macam-macam kombinasi yang berlainan berkaitan dengan suhu dasar pada Daftar XV.

Catatan:

1. (berlaku bagi a). dan b). Tegangan hubung singkat pada arus nominal biasanya dinyatakan dalam prosen terhadap tegangan nominal kumparan yang menerima tegangan.
2. (hanya bagi b). untuk menyederhanakan beberapa perhitungan tertentu mungkin lebih mudah menghitung kembali tegangan hubung-singkat bermacam-macam kombinasi terhadap daya nominal yang sama.
3. Di dalam standar ini, istilah "tegangan hubung-singkat" dalam pengertian umum dimaksudkan suatu bilangan yang sama dengan tegangan hubung-singkat pada arus nominal, namun mungkin juga berkaitan dengan besar arus lainnya dan/atau berkaitan dengan hubungan sadapan di luar sadapan utama.

2.7.2 Tegangan Resistans (Resistance Voltage)

Adalah komponen tegangan hubung singkat yang sefasa dengan arus. Catatan:

lihat catatan 3 ayat 4.7.1.

2.7.3 Tegangan Reaktans (Reactance Voltage)

Adalah komponen tegangan hubung-singkat yang tegak lurus pada arus. Catatan:

lihat catatan 3 ayat 4.7.1.

2.7.4 Turun Tegangan (atau Naik) (Pengaturan) Pada Keadaan Beban Tertentu Adalah selisih antara tegangan nominal suatu kumparan dan tegangan yang ditimbulkan pada suatu beban dan faktor daya tertentu, di mana tegangan yang diberikan pada kumparan lainnya (salah satu) merupakan tegangan nominal. Besaran ini dinyatakan sebagai prosen terhadap tegangan nominal kumparan yang disebut terdahulu.

Catatan:

Pada tranformator kumparan-banyak, turun tegangan (atau naik tegangan) tidak hanya

tergantung pada beban dan faktor daya kumparan-kumparan lainnya.

2.7.5 Impedansi Urutan Not

Adalah impedansi yang dinyatakan dalam Ohm perfase pada frekwensi nominal, antara terminal saluran dari suatu kumparan dalam hubungan bintang fasa-banyak atau dalam hubungan *zig-sag* yang digabung bersama-sama, dengan terminal netralnya.

Catatan :

1. Impedansi urutan nol dapat bermaeam-macani nilainya, karena - impedansi ini tidak hanya tergantung dari bentuk hubungan kumparan itu sendiri, tetapi juga tergantung pada hubungan kumparan-kumparan lainnya serta hubungan terminal-terminalnya.

2..Impedansi urutan nol sering pula tergantung dari besarnya anus. Kenaikan Suhu

2.8 Kenaikan Suhu

Adalah selisih antara suhu bagian yang diamati dan suhu udara pendingin bagi transformator dengan pendingin udara atau suhu air pada saluran masuk alat pendingin bagi transformator dengan pendingin air.

2.9 Isolasi

2.9.1 Tingkat Isolasi

Adalah kombinasi tegangan (pada frekuensi jaringan dan impuls) yang memperlihatkan sifat isolasi setiap kumparan dan bagiannya yang bertalian dengan kemampuan menahan gaya dielektrika.

Catatan:

Tingkat isolasi biasanya dinyatakan oleh nilai tegangan uji pada frekuensi jaringan dan impuls gelombang penuh, tetapi untuk kumparan yang tidak direncanakan untuk pengujian impuls, hanya dinyatakan oleh tegangan uji frekuensi jaringan saja.

2.9.2 Kumparan Berisolasi Merata

Adaiah kumparan di mana isolasi terhadap tanah di semua tempat direncanakan untuk tahan terhadap tegangan uji frekuensi jaringan yang diberikan dari sumber tersendiri pada terminal saluran.

2.9.3 Kumparan Berisolasi Bertingkat

Adalah kumparan di mana isolasi terhadap tanah bertingkat dari nilai isolasi pada terminal saluran ke nilai yang lebih rendah pada terminal netral.

Catatan:

Oleh karena itu, kumparan seperti ini hanya tahan tegangan uji frekwensi jaringan suatu sumber tersendiri yang besarnya hanya sesuai dengan harga tingkat isolasi pada terminal netral.

2.9.4 Instalasi Terbuka

Adalah suatu instalasi di mana transformator tidak dihubungi terhadap tegangan lebih yang berasal dari atmosfir.

Catatan:

Instalasi seperti ini biasanya dihubungkan pada saluran transmisi udara, baik secara langsung ataupun melalui kabel pendek.

2.9.5 Instalasi Tertutup

Adalah suatu instalasi di mana transformator dilindungi terhadap tegangan-tegangan lebih

yang berasal dari atmosfir.

Catatan:

Instalasi seperti ini biasanya dihubungkan pada jaringan kabel.

2.9.6 Tegangan Sistem Nominal

Adaiah tegangan efektip antar-fasa yang direncanakan untuk sistem. Catatan:

Tegangan ini tidak harus sama dengan tegangan nominal kumparan dari transformator yang dihubungkan pada sistem.

2.9.7 Tegangan Sistem Tertinggi

Adalah tegangan efektip yang tertinggi antar fasa yang dapat dipertahankan pada keadaan kerja nominal pada setiap saat di setiap titik dari sistem.

Catatan :

1. Tidak termasuk perubahan tegangan yang bersifat sementara yang disebabkan gangguan ataupun pemutusan beban besar secara mendadak.
2. Tegangan rangkaian terbuka dari beberapa sadapan tertentu boleh melampaui tegangan sistem tertinggi. Lihat lampiran B.

2.10 Hubungan

2.10.1 Hubungan Bintang

Adalah hubungan dari kumparan sedemikian hingga salah satu ujung dari setiap kumparan fasa dari suatu transformator fasa banyak dihubungkan pada suatu titik persekutuan (titik netral), dan ujung lainnya dihubungkan pada terminal saluran yang bersangkutan; hal ini berlaku juga bagi ujung kumparan dari transformator-transformator fasa tunggal bertegangan nominal sama yang membentuk susunan fasa-banyak.

2.10.2 Hubungan Segitiga

Adalah hubungan kumparan sedemikian hingga kumparan-kumparan fasa dari suatu transformator fasa-tiga terhubung serf membentuk rangkaian tertutup; hal ini berlaku pula kumparan-kumparan transformator fasatunggal bertegangan nominal sama yang membentuk susunan fasa-tiga.

2.10.3 Hubungan Segi-Tiga Terbuka

Adalah hubungan kumparan di mana kumparan-kumparan fasa dari transformator fasa tiga terhubung sari tanpa menutup sebuah sudutnya dari bentuk segit-tiga; hal ini berlaku pula bagi kumparan-kumparan transformator fasa-tunggal bertegangan nominal sama, yang membentuk susunan fasa-tiga.

2.10.4 Hubungan Zig-Zag

Adalah hubungan bintang dari kumparan-kumparan fasa suatu transformator fasa-banyak, di mana tiap kumparan fasa dibentuk dari bagian-ba-

gian yang mempunyai tegangan-im bas yang bargeser-fasa

2.10.5 Kumparan Terbuka

Adalah kumparan-kumparan fasa suatu transformator fasa-banyak yang tidak Baling dihubung di bagian dalam transformator.

2.10.6 Pergeseran Fasa

Adalah selisih sudut antara vektor-vektor yang menunjukkan tegangan-tepagan antara titik netral (nyata atau khayal) dan terminal yang berhulbamgan dari dua buah kumparan, di mana metode tegangan urutan positip diaerikan pada terminal tegangan tinggi.

Catatan:

yang dimaksud dengan metode tegangan urutan positif adalah metode tegangan dengan vektor yang berputar berlawanan arah perputaran jarum jam, sedangkan pemberian tanda atau angka yang berurutan dan sesuai dengan arah perputaran jarum jam.

Pergeseran fasa dinyatakan sebagai bilangan suatu jam di mana jarum panjang (menit) menunjuk 12 yang bersesuaian dengan vektor tegangan antara titik netral (nyata atau khayal), dan terminal saluran tegangan tinggi, sedangkan jarum pendek (jam) bersesuaian dengan vektor tegangan antara titik netral (nyata atau khayal) dan terminal saluran tegangan rendah atau tegangan menengah yang berpasangan.

2.10.7 Simbol Kelompok Vektor

Adalah suatu simbol umum yang menunjukkan hubungan kumparan-kumparan tegangan tinggi, tegangan menengah (bila ada), tegangan-rendah serta pergeseran-pergeseran fasanya yang dinyatakan dengan bilangan jam.

2.11 Macam Pengujian

2.11.1 Pengujian Sarah Terrain

Adalah pengujian-pengujian yang memperagakan, bahwa transformator sesuai dengan spesifikasinya, demi kepuasan pembeli.

2.11.2 Pengujian Rutin

Adalah suatu pengujian yang harus dijalani oleh setiap transformator.

2.11.3 Pengujian Jenis

Adalah pengujian atas sebuah transformator yang mewakili transformatortransformator lainnya, untuk memperagakan bahwa transformator-transformator itu juga sesuai dengan persyaratan yang ditentukan, yang tidak tercakup dalam pengujian rutin.

Catatan:

Suatu transformator dapat dianggap sebagai wakil dari transformatortransformator lainnya, bila konstruksinya dan besaran-besaran nominalnya benar-benar identik, namun sesuatu pengujian Janis dapat dianggap sah juga bila dilaksanakan pada suatu transformator yang mempunyai penyimpangan-penyimpangan kecil dari besaran-besaran nominal atau karakteristik lainnya.

Daiam hal pengujian serah terima, penyimpangan-penyimpangan harus disetujui antara pembuat dan pembeli.

2.11.4 Pengujian Khusus

Adalah suatu pengujian yang lain sifatnya dari pengujian jenis ataupun pengujian rutin yang disetujui antara pembuat dan pembeli dan hanya berlaku untuk sebuah transformator atau lebih dari suatu kontrak tertentu.

3 Besaran nominal

3.1 Umum

Pembuat harus menentukan besaran-besaran nominal bagi transformatornya, yang harus dicantuinkan pada papan-kerjanya (rating plate) (lihat bagian sembilan). Besaran-besaran nominal ini haruslah sedemikian hingga transformator itu dapat memberikan arus nominalnya dalam keadaan pembebanan tetap, (steady) tanpa melampaui Batas-batas kenaikan suhu seperti yang diperinci dalam bagian keenam, dengan menganggap bahwa tegangan yang dipasangkan lama dengan tegangan nominal dan frekwensi nominal.

3.2 Daya Nominal

Daya Nominal yang ditetapkan harus memperhitungkan kondisi pelayanan yang sesuai dengan yang ditentukan dalam bagian pertama dan harus se-banding dengan hasil kali antara tegangan nominal, arus nominal dan faktor fasa yang sesuai menurut Daftar I di bawah ini

Daftar I
Faktor Fasa

Jumlah Fasa	Faktor Fasa
1	1
3	$\sqrt{3}$

Catatan:

1. Daya nominal yang ditetapkan di sini sesuai dengan kondisi kerja terus menerus (kontinu); kondisi kerja lainnya merupakan hal yang harus *disetujui* antara pembuat dan pembeli.
2. Kendati besaran nominal terikat pada tegangan nominal, transformator harus sanggup memberikan arus nominalnya pada tegangan yang 5% lebih tinggi dari tegangan nominalnya.

3.3 Besar Daya Nominal Yang Dikehendaki

Besar daya nominal transformator yang dikehendaki untuk transformator fasa tiga dan fasa tunggal tercantum dalam daftar II a dan II b.

Daftar IIa

Daya Nominal Transformator Fasa-Tiga Yang Dikehendaki

kVA	kVA	kVA
5	31.5	200
6.3	40	250
8	50	315
10	63	400
12.5	80	500
46	100	630
20	125	800
25	160	1000
		1250
		1600
		dst.

4 Penyadapan

Catatan:

1. Dalam spesifikasi dan pada papan kerja, hanya tegangan tanpa beban yang disebutkan. Pada waktu pemesanan, pembeli mendapatkan nilai tanpa beban ini dari tegangan berbeban dengan perkiraan kasar turun tegangan (atau naik tegangan), yang kaiak dapat diperiksa kembali nilai pasti turun atau naik tegangan diketahui.
2. Tanda bintang (*) yang dibubuhkan pada "tegangan" di dalam bagian ini dan di dalam lampiran F berarti bahwa bukan bagi tegangan yang dipasangkan pada terminal melainkan yang ditimbulkan pada terminal, berlaku kondisi tanpa beban.
3. Di dalam ayat 11-14 dari bagian ini, (pada umumnya dalam praktek), hanya transformator yang mempunyai hanya satu kumparan dengan penyadapan yang dapat diatur, yang ditinjau.

4.1 Umum

Bila tidak khusus disyaratkan, maka transformator tidak dilengkapi dengan penyadapan. Bila penyadapan disyaratkan, maka harus pula dinyatakan apakah diperlukan pemindahan sadapan dalam keadaan berbeban atau tanpa tegangan (off circuit).

4.2 Sadapan Tanpa Tegangan

Bila disyaratkan sadapan tanpa tegangan tetapi tidak ditentukan daerah ataupun tegangan-tegangan langkahnya, maka dianggap daerah sadapan sebesar ±5%.

4.3 Sadapan Utama

Kecuali bila disyaratkan lain, maka sadapan utama'(lihat ayat 4.5.1.) diambil sadapan yang di tengah, dalam hal jumlah sadapan ganjil, sedangkan bila jumlah sadapan genap, akan diambil salah satu dari dua sadapan

yang di tengah yang mempunyai jumlah belitan efektip yang lebih banyak pada kumparan yang bersadap.

Penggolongan Pengaturan

Dipandang dari pengaruh variasi tegangan pada bermacam-macaw karakteristik transformator, yang bersadap hanya pada satu kumparan, terdapat tiga golongan pengaturan:

a). Pengaturan Pada Fluks Tetap (A.F.T.)

Tegangan (*) yang cukup tetap pada kumparan tanpa sadapan dan dapat diubah-ubah pada kumparan bersadap.

Janis pengaturan ini berkaitan dengan tegangan (*) tetap tiap belitan dan dengan sendirinya fluks maknit tetap (tanpa beban).

b). Pengaturan Pada Fluks Berubah-Ubah (A.F.U.)

Tegangan (*) yang cukup tetap pada kumparan bersadap dan dapat diubah-ubah pada kumparan tanpa sadapan.

Jenis pengaturan ini berkaitan dengan tegangan (*) berubah-ubah tiap belitan dan dengan sendirinya dengan fluks maknit berubahubah (tanpa beban).

c). Pengaturan Kombinasi (A.C.)

Tegangan (*) dapat diubah-ubah pada kumparan bersadap dan kumparan tanpa sadapan. Pada suatu nilai tegangan (*) tetap tertentu pada kumparan tanpa sadapan, pengaturan berkaitan de ngan fluks maknit tetap (tanpa beban), tetapi pada waktu piridah dari nilai ini ke nilai lainnya, berkaitan dengan finks maknit berubah-ubah (tanpa beban).

Catatan:

1. Pembeli harus menentukan golongan pengaturan yang dikehendakinya, bila tidak, pembuat akan memilih salah satu golongan. Golongan pengaturan yang diterapkan harus ditandai dengan jelas dengan menggunakan simbul A.F.T., A.F.U. atau A.C. tersebut di atas, bila tidak, dianggap A.F.T. yang diterapkan.
2. Pada transformator golongan AFT, diizinkan suatu variasi fluks maknit sampai dengan 5% (tanpa beban). Bila jumlah ini tidak dilampaui, pengaturan dianggap AFT.
3. Bila suatu transformator dimaksudkan untuk kondisi kerja yang berlaku bagi lebih dari satu golongan pengaturan, maka harus direncanakan menurut kondisi fluks maknit dari arus beban yang paling berat.
4. Untuk contoh penentuan transformator untuk berbagai penggolongan pengaturan lihat lampiran F.

4.5 Penentuan Daerah Variasi Tegangan

Bila suatu kumparan, bersadap atau tidak, direncanakan untuk tegangan (') yang berubah-ubah, maka daerah variasi tegangan harus ditentukan (lihat ayat 4.5.10).

Daerah variasi tegangan suatu kumparan dinyatakan,dengan tegangan nominal yang diikuti oleh variasi tegangan (') plus atau minus yang paling besar dalam proses dari tegangan nominal tadi atau dinyatakan dengan nilai batas luar tegangan (*)nya dan tegangan dalam urutan menurun.

Catatan:

1. Tegangan-tegangan antara tertentu yang disyaratkan oleh pembeli mungkin sukar diserasikan dengan desain.

   Dalam hal lnl pembuat harus memberitahukan pembeli mengenai nilai-nilai tegangan yang dapat diperoleh dalam pelaksanaan.

2. Proses dinyatakan sebagai berikut:

   Bilamana daerah tegangan meliputi komponen plus dan minus yang sama besar (misalnya a%), maka dinyatakan dengan +a%®.

- Bila komponen ini tidak sama (misalnya +a% dan -b%) maka dinyatakan dengan: +a% dan -b%;
- Bila hanya ada komponen plus atau minus yang (misalnya +a%) atau -b%) maka dinyatakan +a% atau -b%.

Harus dinyatakan dengan jelas nilai mana yang dimaksud dengan tegangan nominal (yaitu dengan menggaris bawahi nilai ini).

Dalam hal kumparan tanpa sadapan, semua nilai prosenan ataupun tegangannya harus ditulis di antara tanda sekat (tan-' da kurung), kecuali nilai tegangan nominalnya.

Untuk A.C. disarankan agar menentukan kombinasi tegangan (*) **yang** dapat diubah-ubah yang disyaratkan serempak pada kumparan bersadap dan kumparan tanpa sadapan, yang menentukan nilai batas luar dari perbandingan. Bila kombinasi ini tidak ditentukan, maka dianggap bahwa nilai batas luar dari perbandingan tegangan harus meliputi semua kombinasi tegangan sampai dengan lain dari daerah tegangan kumparan-kumparan itu.

4.6 Daerah Sadapan

Daerah sadapan yang harus disediakan untuk kumparan bersadap (lihat ayat 4.5.8) ditetapkan oleh daerah variasi tegangan yang ditentukan (dan bila perlu oleh batas-batas kombinasi tegangan (*) yang dapat diubahubah seperti tersebut dalam ayat 12).

Daerah sadapan biasanya terdiri dari beberapa tegangan langkah (lihat ayat 4.5.5) jumlah posisi sadapan yang diperlukan harus disebutkan di dalam spesifikasi.

Bagi golongan pengaturan yang berlainan, hubungan antara daerah sadapan yang akan diadakan dan daerah variasi adalah sbb :

A.F.T. : Daerah sadapan identik dengan daerah variasi tegangan, karena keduanya berkaitan dengan kumparan yang bersadap.

A.V.U. : Daerah sadapan (dari kumparan yang bersadap) tidak identik dengan daerah variasi tegangan (daerah kumparan-kumparan tanpa sadapan), tetapi bisa didapatkan langsung dari kumparan variasi tegangan tersebut. (lihat lampiran F 2).

A.C. Daerah sadapan (dari kumparan yang bersadap) tidak identik dengan daerah variasi tegangan (dari kumparan-kumparan tan-pa sadapan), tetapi bisa didapatkan dari nilai batas luar perbandingan tegangan yang diperlukan, menurut ayat 12 (lihat lampiran F3).

Catatan:

1. Modifikasi tertentu daerah variasi tegangan mungkin diperlukan agar memperoleh suatu daerah sadapan yang serasi dengan desain yang pantas. Modifikasi semacam itu tergantung dari perjanjian antara pembuat dan pembeli (lihat lampiran F 2.1)
2. Untuk golongan A.V.U. dan A.C., di mana daerah sadapan tidak identik dengan daerah variasi perubahan tegangan, dianjurkan agar hanya daerah variasi tegangannya yang dicantumkan dalam suatu spesifikasi atau pada suatu papan-kerja.
   Pencantuman daerah sadapan, atau tegangan sadapan yang pada umumnya tidak sesuai dengan tegangan sesungguhnya dapat menimbulkan keragu-raguan.
   Diperlukan suatu penjelasan yang lebih terperinci seperti terse-but di dalam lampiran F.

4.7 Besaran Sadapan

4.7.1 Kenaikan Suhu

Diakui bahwa mungkin suatu transformator tidak dapat memenuhi sepenuhnya batas kenaikan suhu yang bersangkutan pada daya nominal penuh bila dihubungkan tidak pada sadapan utamanya.

Syarat ini dianggap terpenuhi pada daerah variasi tegangan tidak metebihi ±5%, kecuali bila dinyatakan lain; tetapi bila daerah ini melampaui harga tersebut, perlu dinyatakan daya sadapan dari transformator itu menurut hubungannya pada sadapan-sadapan di luar sadapan utamanya.

4.7.2 Daya Sadapan

Nilai daya sadapan (bagi kumparan bersadap atau tidak) yang berkaitan dengan hubungan kumparan bersadap pada suatu sadapan tertentu berlaku bagi tegangan yang sesuai seperti (lihat ayat 4.5.3).

A.F.T. : Tegangan nominal kumparan tanpa sadapan, dan tegangan sadapan dari sadapan yang bersangkutan pada kumparan bersadap.

A.V.U. : Tegangan nominal kumparan bersadap, dan tegangan yang diubah-ubah pada kumparan tanpa sadapan, yang ditetapkan untuk hubungan sadapan yang bersangkutan.

A.C. Kombinasi tegangan (') yang diubah-ubah pada terminal kumparan yang ditetapkan untuk hubungan sadapan yang bersangkutan.

Catatan:

Bagi berbagai kombinasi tegangan (') yang ditetapkan untuk hubungan sadapan yang sama, dapat diberikan nilai daya sadapan yang berlainan (lihat lampiran F).

4.7.3 Arus

Nilai arus yang melalui terminal saluran kumparan bersadap atau tidak, yang berkaitan dengan hubungan sadapan tertentu, selalu dapat dari nilai daya sadapan transformator yang sesuai dibagi oleh tegangan (') yang sesuai pada kumparan yang dimaksud (lihat ayat 14.2) dan faktor fasanya **.a:** Daftar I).

4.7.4 Rugi Beban Dan Tegangan Hubung Singkat

Bila daerah variasi tegangan melebihi ±5%, maka harus ada kesepatakan antara pembuat dan pembeli untuk hubungan sadapan yang mana nilai rugi beban dan tegangan hubung-singkat serta toleransi yang harus ditetapkan harus dinyatakan oleh pembuat, di samping

yang harus dinyatakan untuk sadapan utama.

'. lihat catatan 2 pada awal bagian IV (halaman 23).

Nilai arus yang berlaku bagi besaran-besaran di atas dan dasar untuk nilai prosen tegangan hubung-singkat harus dinyatakan dengan jelas.

4.7.5 Rugi Tanpa Beban

Bagi golongan A.B.U. dan A.C., harus ada kesepakatan antara pembuat dan pembeli untuk hubungan sadapan dan tegangan yang bersangkutan, nilai rugi tanpa beban dan toleransi yang harus diterapkan harus dinyatakan oleh pembuat, di samping yang dinyatakan untuk sadapan utama.

4.7.6 Auto Transformator Dan Transformator Penunjang

Bagi auto transformator dan transformator penunjang dengan kumparan bersadap, spesifikasi nilai rugi beban dan tegangan hubung-singkat, serta nilai rugi tanpa beban pada golongan A.F.U. dan A.C., termasuk toleransi yang diterapkan selalu harus ada kesepakatan antara pembuat dan pembeli tidak terikat pada daerah variasi tegangan.

5 Pengenalan menurut cara pendinginan

5.1 Simbol Pengenalan

Transformator dikenali menurut cara pendinginan yang digunakan. Simbul bumf untuk digunakan sehubungan dnegan tiap cara pendinginan adalah menurut daftar III berikut:

DAFTAR III
Simbul huruf

Jenis zat pendingin	Simbul
Minyak bumi	
Askarel	
Gas	G
Air	W
Udara	A
Isolasi Padat	S
Jenis Peredaran	
Alamiah	N
Paksaan	F

4.9 Penataan Simbul

Transformator dikenali dengan empat simbul bagi setiap cara pendinginan menurut ukuran nominal yang diberikan oleh pembuat kecuali bagi transformator jenis kering dalam selubung terlindung yang diberikan simbul AN atau AF.

Suatu garis miring digunakan untuk memisah tiap golongan simbul. Urutan penggunaan simbul diberikan dalam daftar IV.

DAFTAR IV
URUTAN - SIMBUL

Huruf pertama	Huruf kedua	Huruf ketiga	Huruf keempat
Menyatakan zat pendingin yang bersentuhan dengan kumparan.		Menyatakan zat pendingin yang bersentuhan sistem pendingin luar.	
Jenis zat	Jenis peredaran	Jenis zat	Jenis peredaran

Misalnya, suatu transformator terendam minyak dengan peredaran paksaan minyak dan udara ditandai OFAF, sedangkan transformator jeniskering dengan kipas pendingin ditandai AF.

Bagi transformator terendam minyak dengan kemungkinan pendinginan alamiah atau paksaan, penandaan antara lain sebagai berikut: ONAN/ONAF ONAN/OFAF

6 Batas kenaikan suhu

6.1 Batas Kenaikan Suhu

Kenaikan suhu kumparan, inti dan minyak transformator yang didesain untuk operasi pada suatu ketinggian yang tidak melebihi yang tersebut dalam ayat 2a) dan dengan suhu pendingin sebagai tersebut dalam ayat 2b), tidak boleh melampaui Batas yang ditentukan dalam daftar V dan VI, bilamana diuji sesuai dengan ayat 41.

Bagi transformator kumparan banyak, kenaikan suhu minyak bagian atas didasarkan pada kombinasi pembebanan yang ditentukan, di mana rugi total adalah terbesar.

Kenaikan pembebanan yang paling parah bagi kumparan yang ditinjau itu.

DAFTAR V

Batas Kenaikan Suhu Bagi Transformator Jenis Kering

1	2	3	4
Bagian	Cara pendinginan	Kelas suhu	Kenaikan Suhu Derajat C.
Kumparan (diukur nilai tahanannya)	Udara alamiah ataupun paksaan	A E B F H	60 75 80 100 125 150*
Inti dan bagian lainnya a. Sekitar kumparan b. Tidak sekitar kumparan	Semua cara	—	a. Nilai sama seperti pada kumparan b. Suatu harga yang tidak memberi akibat negatip pada bagian isolasi yang bersentuhan dengan kumparan.

6.2 Kenaikan Suhu Yang Dikurangi Bagi Transformator Yang Didesain Dcngan Zat Pendingin Bersuhu Tinggi.

Bila transformator didesain untuk penggunaan di mama suhu dari zat pendingin melampaui salah satu nilai maksimum yang tertera dalam ayat 2b) tidak lebih dari 10°C, maka kenaikan suhu yang diijinkan bagi kumparan, inti dan minyak dikurangi sebagai berikut:

dengan 5°C, bila kelebihan suhu sama atau kurang dari 5°C.

dengan 10°C, bila kelebihan suhu lebih besar dari 5°C dan kurang dari atau sama 20°C.

6.3 Kenaikan Suhu Yang Dikurangi Bagi Transformator Yang Didesain Untuk Penggunaan Pada Ketinggian Yang Tinggi Sekali.

Bagi transformator *yang* didesain untuk operasi pada ketinggian lebh dari 1000 m, namun diuji pada ketinggian normal, batas kenaikan suhu yang tercantum dalam daftar V dan VI dikurangi untuk setiap kelebihan 500 m di atas 1000 m dengan:

- transformator jenis terendam minyak pendinginan 2,0% udara alamiah
- transformator jenis keying pendinginan udara alamiah 2,5%
- transformator jenis terendam minyak pendinginan 3,0% udara paksaan
- transformator jenis keying pendinginan udara 5,0%

<u>Catatan:</u>

Pengurangan batas kenaikan suhu ini tidak dapat diterapkan pada transformator jenis pendingin air.

Bahan isolasi dapat digunakan secara terpisah atau terkombinasi dengan syarat bahwa pada setiap penggunaan tiap bahan tidak mengalami suatu suhu yang melampaui batas kenaikan suhu masing-masing, pada kondisi kerja nominal.

*). Bagi bahan isolasi tertentu kenaikan suhu hingga lebih tinggi dari 150°C boleh diterima dengan kesepakatan antara pembuat dan pembeli.

DAFTAR VI

Batas Kenaikan Suhu Bagi Transformator Jenis Terendam Minyak

Bagian	Cara Pendinginan	Sirkulasi Minyak	Kenaikan der-C
Kumparan - Kelas suhu A (diukur nilai tahanannya)	Udara alamiah Udara paksaan Air (Alat pendingin di dalam)	bebas	65
	Udara paksaan, air (alat pendingin di luar)	paksaan	65
Minyak bagian atas (diukur dengan thermo-meter).	—	—	60 bila transformator tertutup rapat atau dilengkapi dengan konservator. 55, bila transformator tidak tertutup rapat.
Inti dan bagian lainnya			Suhu dalam keadaan manapun tidak boleh mencapai nilai yang dapat merusak inti atau bagian yang di sekitarnya.

7 Tingkat isolasi

7.1 Umum

Tingkat isolasi transformator jenis kering (') dan transformator terendam minyak yang kumparan dan bagian-bagiannya yang berhubungan tidak didesain untuk pengujian tegangan impuls, tercantum dalam daftar VII.

Bagi transformator jenis terendam minyak yang kumparan dan bagian-bagiannya terhubungkan didesain untuk pengujian tegangan impuls, tingkat isolasinya tercantum dalam daftar VIII (lihat lampiran 8).

Pengujian-pengujian tegangan-kejut tidak ditentukan bagi transformator jenis kering, karena transformator jenis ini tidak diperuntukkan bagi instalasi terbuka.

Tegangan tertinggi stem (kV efs).	Tingkat isolasi (tegangan uji frekwensi sistem) kV efo.
Kurang dari 1.1	2,5
1.1	3
3.6	8
7.2	15
12	25
17.5	36
24(**)	50

(**). Khusus bagi transformator jenis kering

DAFTAR VIII

Tingkat Isolasi Dan Bagian-Bagiannya Yang Terhubungkan Yang Didesain Untuk Pengujian Tegangan Impuls

Tegangan tertinggi sistem kV ef.o	Tingkat Isolasi					
	Tegangan Uji Impuls kV puncak			Tegangan uji frekwensi sistem kV r.m.s.		
3.6		45			16	
7.2		60			22	
12		75			28	
17.5		95			38	
24		195			50	
36		170			70	
52		250			95	
72.5		250			140	
100		325				
123	450		380	185		140
145	550		450	230		185
170	750		650	325		275
245	1050		900	460		395
300	—		1050	—		460
420	—		1425	—		630

7.1 Kumparan Dengan Isolasi Bertingkat

Bila pembeli mensyaratkan kumparan harus mempunyai isolasi bertingkat, maka pertingkatannya harus mengikuti salah satu katagori yang tertera dalam daftar IX, dengan tegangan uji yang sesuai dari sumber tersendiri vano *tertera* dalam daftar X.

DAFTAR IX

Katagori Isolasi Bertingkat

Katagori	Kondisi Pentanahan Yang Dikenal
1.	Ujung netral kumparan dihubungkan langsung ke tanah melalui hubungan dengan tidak menambah impedansi secara sengaja. Catatan : – Hubungan ke tanah melalui transformator arus dapat dianggap memenuhi syarat ini.
2.	Ujung netral kumparan dihubungkan pada suatu transformator pengatur, yang netralnya dihubungkan ke tanah atau tidak dan dilengkapi dengan alat pembatas tegangan yang sesuai.
3.	Titik netral kumparan tidak dihubungkan ke tanah atau dihubungkan ke tanah melalui suatu impedansi atau tahanan dilengkapi dengan suatu alat pembatas tegangan yang sesuai yang dihubungkan antara titik netral kumparan dan tanah.
4.	Titik netral kumparan dihubungkan ke tanah melalui suatu kumparan perendam busur api, dilengkapi alat pembatas tegangan yang sesuai antara titik netral kumparan dan tanah.

DAFTAR X

Tingkat Isolasi Bagi Ujung-Ujung Netral Kumparan Transformator Dengan Isolasi Bertingkat

(Bagi Tegangan Tertinggi Sistem 72,5 kV ke atas)

Isolasi ke tanah	Tegangan uji frekuensi sistem sumber tersendiri k.V. ef.o
Kategori 1.	38
Kategori 2.	E_{NA} + (E_{rs} - E_{NA}) X tegangan tambahan dari transformator pengatur tegangan nominal kumparan transformator dengan minimum 38 kV. di mana E_{NA} = tegangan uji titik netral transformator pengatur. di mana E_{rs} = tegangan uji terminal saluran kumparan transformator
Kategori 3.	36% hingga 65% dari tegangan uji terminal saluran ditentukan menurut karakteristik peralatan dan sistem.
Kategori 4.	58% hingga 65% dari tegangan uji terminal saluran.

Catatan:

Pada waktu memilih kategori isolasi netral, perlu diperhatikan kemungkinan perubahan pentanahan netral di kemudian hari, atau tukaran transformator.

7.2 Transformator Untuk Digunakan Pada Daerah Yang Tinggi

Bila transformator jenis kering dipesan khusus untuk bekerja pada ketinggian antara 1000 m dan 3000 m di atas permukaan taut namun diuji pads ketinggian normal, maka tegangan uji frekuensi sistem sumber tersendiri perlu dinaikkan dengan 6.25% setiap 500 m untuk instalasi yang melampaui ketinggian 1000 m.

Catatan:

Bagi bushing transformator terendam minyak perlu dipilih suatu jenis yang didesain untuk tingkat isolasi yang lebih tinggi dart tingkat isolasi kumparannya.